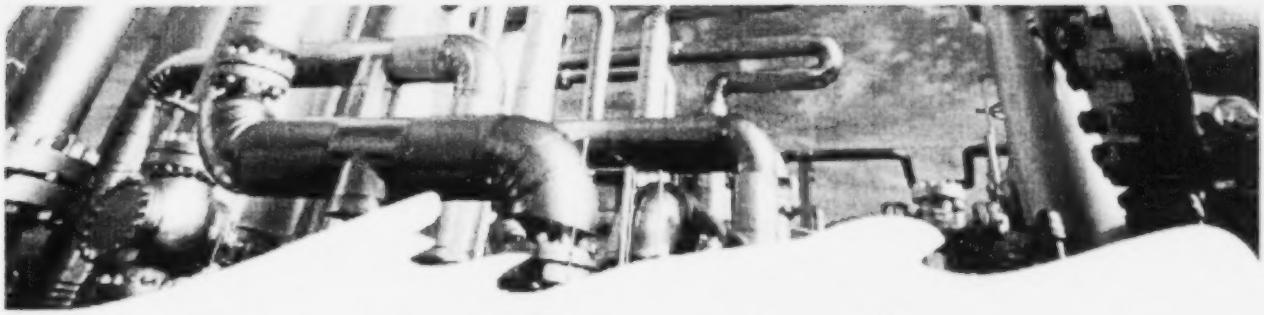

TECHNOLOGIES *Saint-Laurent*

RÉSUMÉ

La caractérisation et la gestion des sédiments contaminés requièrent des méthodes d'évaluation rapides et rentables pour prévenir des impacts nuisibles pour l'environnement. Des bioessais sont maintenant conduits en parallèle avec les analyses physicochimiques parce qu'ils intègrent le potentiel toxique du mélange de contaminants tout en tenant compte de leur biodisponibilité. Toutefois, très peu d'essais normalisés permettent d'évaluer la toxicité des sédiments. Il faut donc développer, utiliser et évaluer de nouveaux outils de dépistage pour faciliter la gestion des sédiments de milieux dulcicoles. Ce projet visait à identifier la performance d'une vingtaine de microbioessais pour mesurer le potentiel toxique de sédiments d'eau douce.

SÉDIMENTS CONTAMINÉS

DÉVELOPPEMENT ET VALIDATION D'ESSAIS DE DÉPISTAGE DE LA TOXICITÉ DES SÉDIMENTS D'EAU DOUCE

POINTS SAILLANTS

- Technologie
  - Techniques microbioanalytiques simples à utiliser;
  - Résultats fiables, rapides et faciles à interpréter;
  - Rendement bioanalytique accru par l'emploi d'essais miniaturisés.
- Écotoxicologie
  - Mesures des seuils de toxicité létale et sublétale et de la génotoxicité de sédiments d'eau douce;
  - Microbioessais représentatifs de divers niveaux trophiques de l'écosystème aquatique.
- Économie
  - Faible volume d'échantillons requis pour les analyses;
  - Espaces et installation de laboratoire restreints;
  - Coût-efficacité supérieure à celui des macrobioessais.

Saint-Laurent Vision 2000

Environnement Canada Protection Région du Québec
Environment Canada Protection Quebec Region
beak
ebpi
Bureau fédéral de Développement régional (Québec)
Federal Office of Regional Development (Quebec)

OBJECTIFS DU PROJET

Le principal objectif était d'étudier la performance et l'utilité de divers microbioessais en fonction de leur capacité de détecter le potentiel toxique de sédiments de milieux dulcicoles. Plus spécifiquement, les objectifs consistaient à :

1) évaluer la sensibilité des microbioessais choisis aux substances chimiques provenant des activités humaines par rapport à celles d'origine naturelle (par exemple, l'azote ammoniacal);

2) déterminer quels microbioessais pourraient le mieux prédire la toxicité démontrée par des bioessais conventionnels de plus longue durée avec des invertébrés benthiques;

3) évaluer l'utilité de la fraction a) eau interstitielle des sédiments et b) des extraits organiques de ceux-ci comme matrices de support pour évaluer la toxicité des sédiments entiers;

4) établir une première sélection de bioessais prometteurs en tenant compte de critères qualitatifs et quantitatifs;

5) proposer ultérieurement certaines batteries analytiques de bioessais représentant divers niveaux trophiques et qui engloberaient les besoins pour la gestion des sédiments contaminés.

Phases

A) Préparation des montages et rédaction des procédures d'opération normalisées.

B) Préparation des diagrammes de contrôle avec des substances de référence.

C) Première série de bioessais avec les trois fractions : sédiments entiers, eau interstitielle et extraits organiques et sélection préliminaire.

D) Deuxième série de bioessais avec les trois mêmes fractions et sélection des essais les plus prometteurs et innovateurs.

E) Validation des microbioessais retenus par un exercice inter-laboratoire.

F) Mise au point de la méthodologie d'utilisation des bioessais et d'interprétation des données.

PROBLÉMATIQUE

Les activités d'entretien et de développement du transport maritime nécessitent de nouveaux outils d'évaluation des impacts qui en découlent. La gestion de dossiers liés à la présence de sédiments contaminés doit faire appel à des bioessais fiables et représentatifs de la toxicité potentielle des sédiments. Des microbioessais rapides, faciles à utiliser et peu coûteux encourageront leur utilisation. L'information bioanalytique aidera donc à la prise de décision lors de l'étude, par exemple, de scénarios de dragage et de mise en dépôt de sédiments contaminés ou encore de décontamination des sédiments.

TECHNOLOGIE

Une vingtaine de microbioessais, couplés à des analyses physico-chimiques et à une évaluation de l'état des communautés benthiques, ont été réalisés sur plus d'une quinzaine d'échantillons de sédiments contaminés à différents degrés. Les sédiments ont été prélevés à trois reprises dans divers secteurs du fleuve Saint-Laurent, notamment dans la région portuaire de Montréal, à proximité de Sorel et dans les Lacs Saint-François et Saint-Louis.

Les bioessais ont été appliqués, selon leurs caractéristiques, sur trois fractions : sédiments entiers, eau interstitielle et extraits organiques de sédiments. La figure 1 illustre les différentes analyses effectuées par Beak International, Environmental Bio-Detection Products (EBPI) et le Centre Saint-Laurent (CSL) d'Environnement Canada.

FIGURE 1 : SÉDIMENTS

FRACTION SÉDIMENTS ENTIERS

Essai de toxicité

BEAK
- Survie et croissance avec *C. riparius*
- Survie et croissance avec *H. azteca*
- Test ATP sur microorganismes *in situ*
- Essais avec la bactérie luminescente *V. fischeri*, phase solide

EBPI
- SOS Chromotest® à contact direct
- ToxiChromoPad®

CSL
- Essai algal, phase solide

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Métaux avec extraction simultanée sur des sulfures volatils en milieu acide • HAP • BPC • Huiles et graisses minérales • Carbone organique total • Granulométrie

FRACTION EAU INTERSTITIELLE

Essai de toxicité

BEAK
- Thamnotoxkit F®
- Rotoxkit F®
- Daphtoxkit®
- Algaltoxkit®
- Daphnia IQ®
- Mutatox®
- Essai avec la bactérie luminescente *V. fischeri*

EBPI
- SOS Chromotest®
- MutaChromoPlate®

CSL
- Inhibition de la croissance avec l'algue *S. capricornutum*
- Essai avec l'hydre *H. attenuata*
- Essai chronique avec la bactérie luminescente *V. fischeri*
- Essai en microplaque avec la bactérie luminescente *V. fischeri*
- Modèle hépatocellulaire avec mesures de viabilité, des OFM, des métallothionéines et bris de l'ADN
- Essai algal mesurant l'inhibition des estérases

ANALYSES CHIMIQUES

Azote ammoniacal • Carbone organique dissous • HAP • BPC • Métaux (avec extraction simultanée sur des sulfures volatils en milieu acide)

FRACTION EXTRAITS ORGANIQUES

Essai de toxicité

BEAK
- Thamnotoxkit F®
- Daphnia IQ®
- Essai avec la bactérie luminescente *V. fischeri*
- Mutatox®

EBPI
- SOS Chromotest®
- MutaChromoPlate®

CSL
- Essai avec l'hydre *H. attenuata*
- Essai en microplaque avec la bactérie luminescente *V. fischeri*
- Essai chronique avec la bactérie luminescente *V. fischeri*

RÉSULTATS

Plusieurs critères qualitatifs et quantitatifs ont été établis pour évaluer la performance et l'utilité des microbioessais (tableau 1). Les résultats des bioessais et des analyses physico-chimiques ont été analysés de manière à établir des corrélations entre les bioessais et les teneurs en contaminants, la toxicité mesurée chez les invertébrés benthiques et la présence de substances naturellement présentes pouvant causer une toxicité intrinsèque (par exemple, l'azote ammoniacal). Un indice général de performance a été attribué à chaque bioessai en faisant la somme des points alloués à chaque critère.

Le tableau 2 regroupe les microbioessais de dépistage qui ont obtenu les plus hautes notes dans leur catégorie respective, c'est-à-dire en fonction du niveau trophique. Le test à l'adénosine triphosphatase (ATP), l'essai avec l'algue *S. capricornutum* par contact direct avec les sédiments, l'essai avec hydres, le Thamnotoxkit F™ et le SOS Chromotest sont parmi les plus prometteurs et les plus innovateurs. Ce projet de recherche a mis en évidence l'utilité de procéder à des bioessais avec les extraits organiques de sédiments. Les résultats obtenus jusqu'à maintenant ont démontré qu'il existait une corrélation entre les réponses enregistrées avec ces extraits et celles obtenues avec les essais conventionnels avec sédiments entiers. Dans certains cas, l'utilisation des extraits organiques permet en plus d'éliminer des facteurs pouvant fausser l'interprétation des résultats (par exemple, l'azote ammoniacal) et de concentrer les extraits, éliminant ainsi le manque de sensibilité des organismes comme facteur limitant.

Enfin, les résultats de ce projet confirment que la sélection de sédiments de référence prélevés à proximité du site d'étude et dotés des mêmes caractéristiques physiques (comme la granulométrie) et chimiques (comme le carbone organique) que les sédiments testés est une étape critique pour l'interprétation des résultats des bioessais, car il est impératif d'établir le niveau de toxicité associé au bruit de fond.

Tableau 1

CRITÈRES D'ÉVALUATION DES MICROBIOESSAIS

CRITÈRES
Vitesse d'exécution
Temps écoulé entre l'arrivée de l'échantillon, l'analyse des résultats et le résultat
Rendement analytique
Coût du matériel
Reproductibilité
Répétabilité
Pertinence écologique
Validation
Coût des instruments
Disponibilité des organismes
Corrélation avec invertébrés benthiques
Corrélation avec contaminants
Corrélation avec substances naturellement présentes

Tableau 2

POSITION RELATIVE DES ESSAIS SUITE AU CLASSEMENT AVEC LA MATRICE DÉCISIONNELLE

TYPES D'ESSAIS (NIVEAUX TROPHIQUES)	ESSAIS	PHASE LIQUIDE	PHASE SOLIDE	LÉTALITÉ	SUBLÉTALITÉ	INDICE DE PERFORMANCE	RÉFÉRENCES
Essais avec bactéries	Microtox microplaque	√			√	43	CSL, 1995
	Microtox chronique	√			√	38	Microbics, 1996
	Test ATP		√	√		53	BEAK, 1995
	Microtox phase solide		√		√	33	Microbics, 1995
	ToxiChromoPad		√		√	43	EBPI, 1995
Essais avec phytoplancton	Test algal conventionnel	√			√	37	SPE 1/RM/25
	Algaltoxkit	√			√	39	Creative Selling, 1996
	Test algal phase solide		√		√	47	CSL, 1995
Essais avec invertébrés vivant dans la colonne d'eau	Test avec hydres (prédateur)	√		√		42	CSL, 1995
	Thamnotoxkit	√		√		46	Creative Selling, 1995
	Daphtoxkit	√		√		44	Creative Selling, 1996
Essais de génotoxicité	SOS Chromotest	√			√	36	EBPI, 1995
	Mutatox	√			√	34	Microbics, 1996
Essais conventionnels avec invertébrés benthiques	Chironomides		√	√	√	46	ASTM, 1990 E 1383-90 : 1085-1104
	Amphipodes		√	√	√	47	EPA/600/4-90/027 F

Remarque : La constitution d'une batterie nécessite également la considération d'autres facteurs tels que le paramètre d'effet, considère l'étalité versus subléthalité et la matrice testée (eau interstitielle versus sédiments entiers), indiqués par des crochets.

OBJECTIFS DU PROJET

Le principal objectif est d'évaluer la performance et l'utilité de divers microbiotests en fonction de leur capacité de détecter le potentiel toxique de sédiments de milieux naturels. Plus spécifiquement, les objectifs consistaient à :

1) évaluer la sensibilité des microbiotests chez les substances chimiques provenant des activités humaines par rapport à celles d'origine naturelle (par exemple, l'azote ammoniacal);

2) déterminer quels microbiotests pourraient le mieux prédire la toxicité démontrée par des bioessais conventionnels de plus longue durée avec des invertébrés benthiques;

3) évaluer l'utilité de la fraction a) eau interstitielle des sédiments et b) des extraits organiques de ceux-ci comme matrices de support pour évaluer la toxicité des sédiments entiers;

4) établir une première sélection de bioessais prometteurs en tenant compte de critères qualitatifs et quantitatifs;

5) proposer ultérieurement certaines batteries analytiques de bioessais représentant divers niveaux trophiques et qui engloberaient les besoins pour la gestion des sédiments contaminés.

Phases

A) Préparation des montages et rédaction des procédures d'opération normalisées.

B) Préparation des diagrammes de contrôle avec des substances de référence.

C) Première série de bioessais avec les trois fractions : sédiments entiers, eau interstitielle et extraits organiques et sélection préliminaire.

D) Deuxième série de bioessais avec les trois mêmes fractions et sélection des essais les plus prometteurs et innovateurs.

E) Validation des microbiotests sélectionnés par un exercice inter-laboratoires.

F) Mise au point de la méthodologie d'utilisation des bioessais et d'interprétation des données.

PROBLÉMATIQUE

TECHNOLOGIE

RÉSULTATS

POTENTIEL ET LIMITES

L'utilisation de microbiocessais dans une stratégie d'évaluation de la contamination des sédiments peut s'avérer fort utile pour le dépistage et le suivi de la toxicité. Ces essais serviront à optimiser les programmes d'échantillonnage des sédiments et de l'eau dans les sites où des travaux de dragage ou de restauration sont prévus, en ciblant les régions où la contamination des sédiments présente un danger pour les organismes benthiques ou ceux vivant dans la colonne d'eau. Leur application pourrait même s'étendre à l'évaluation de la contamination des sols. Toutefois, il est bon de rappeler que certains essais peuvent être sensibles à des substances toxiques naturellement présentes, comme l'azote ammoniacal, et que le suivi analytique de ces substances est une activité complémentaire toujours recommandée.

L'évaluation écotoxicologique de matrices complexes comme les sédiments est assez récente comparativement à l'écotoxicologie aquatique. Au cours de cette étude, des microbiocessais prometteurs ont été identifiés mais peu d'entre eux sont réalisables avec les sédiments entiers. Des recherches en cours devraient déboucher sur la mise au point de microbiocessais qui combleraient cette lacune.

INFORMATIONS

Cette fiche a été rédigée à partir des résultats d'une étude en cours, réalisée et financée conjointement par le Centre Saint-Laurent et la Section du développement technologique d'Environnement Canada et la firme BEAK International inc., avec la participation de la compagnie Environmental Bio-Detection Products Inc.

Pour plus d'informations, s'adresser à :

Chantale Côté, M.Sc.A.
BEAK International inc.
Carré Dorval
455, boul. Fénelon
Bureau 104
Dorval (Québec)
H9S 5T8
Tél. : (514) 631-5544
Courrier électronique :
ccote@beak.com

Christian Blaise, D.Sc.
Norman Bermingham, D.Sc.
Environnement Canada
Centre Saint-Laurent
105, rue McGill, 7e étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Tél. : (514) 496-7094
(514) 496-7099
Courrier électronique :
christian.blaise@ec.gc.ca
norman.bermingham@ec.gc.ca

Jean-René Michaud, ing., M.Sc.A.
Environnement Canada
Section Développement
technologique
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Tél. : (514) 283-9207
Courrier électronique :
jr.michaud@ec.gc.ca

TECHNOLOGIES Saint-Laurent

Les fiches d'information Technologies Saint-Laurent sont destinées aux entreprises, industries, organismes et personnes qui s'intéressent aux nouvelles technologies environnementales. Elles sont produites par la Section Développement technologique, Environnement Canada, dans le cadre de Saint-Laurent Vision 2000. Elles servent à diffuser les résultats obtenus lors des projets de développement et de démonstration technologiques réalisés dans les cinq secteurs suivants : eaux usées industrielles, sols contaminés, déchets dangereux, sédiments contaminés et outil novateur. Vous pouvez obtenir les fiches en vous adressant :

Environnement Canada
Section Développement
Technologique
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
Tél. : (514) 283-9274

Publications disponibles sur La Voie Verte :
http://www.qc.doe.ca

Production :
Dianne Ouellet
Hélène Perrault

Rédaction :
Chantale Côté, M.Sc.A.
Christian Blaise, D.Sc.
Jean-René Michaud, ing., M.Sc.A.

Mise en page et impression :
J. B. Deschamps Inc.

Révision du texte :
Monique Simond

Publié avec l'autorisation du ministre de l'Environnement

© Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, 1997

No. de cat. En 40-231/2-1997F
ISSN 1188-7990
ISBN 0-662-81860-1

Mars 1997

Also available under the title : *Development and Validation of Toxicity Screening Assays for Freshwater Sediments*

Canada

POTENTIEL ET LIMITES

INFORMATIONS

Environnement Canada
Section Développement
technologique
105, rue McGill, 4e étage
Montréal (Québec)
H2Y 2E7
tél. : (514) 283-3274

Publications disponibles sur
La Voie Verte
http://www.sc.doe.ca

Production :
Dianne Duellet
Hélène Perrault

Rédaction :
Chantale Côté, M.Sc.A.
Christian Blaise, D.Sc.
Jean-René Michaud, ing., M.Sc.A.

Mise en page et impression :
J.-B. Deschamps Inc.

Révision du texte :
Monique Simard

Publié avec l'autorisation du
ministre de l'Environnement
et Ministre des Travaux publics
et Services gouvernementaux
Canada, 1997
No. de cat. En 40-2312/1997
ISSN 1188-7990
ISBN 0-662-81860-1

Mars 1997

Also available under the title :
Development and Validation of
Toxicity Screening Assays for
Freshwater Sediments

Canada